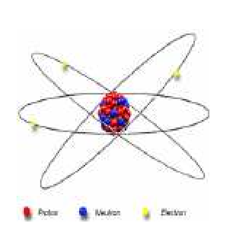
التحولات النووية

الأستاذ : عايب كمال / بوسعادة

1- البنية النووية:

1-1-النموذج النووي: ذرة أي عنصر كيميائي تتكون من نواة ثقيلة تحيط بها سحابة الكترونية خفيفة بحيث قطرها من رتبة : $10^{-15}m$ ، يوجد بالنواة نوعان من الجسيمات الدقيقة هي : البروتونات (p) ، و النيترونات (N) تدعى **بالنكليونات** :



	البروتون $^{1}_{1}P$	النيترون $^{1}_{1}n$	الإلكترون $^{0}_{-1}e$
الكتلة (Kg)	$1,67263\times10^{-27}$	$1,67492\times10^{-27}$	$9,1\times10^{-31}$
الكتلة (μ)	$1,00728$	$1,00866$	$5,4858\times10^{-4}$
الشحنة (C)	$1,6\times10^{-19}$	0	$-1,6\times10^{-19}$

**تستعمل وحدة الكتل الذرية (μ) لقياس كتلة الجسيمات الدقيقة حيث : $1\ \mu = 1,66055\times10^{-27}\ kg$ ، فكتلة النكليون الواحد تقارب 1μ.

2-1-النظائر: يرمز لذرة عنصر بالرمز : $^{A}_{Z}X$ حيث :

** A : عدد النكليونات (العدد الكتلي) . ** Z : عدد البروتونات (العدد الشحني أو الذري) .

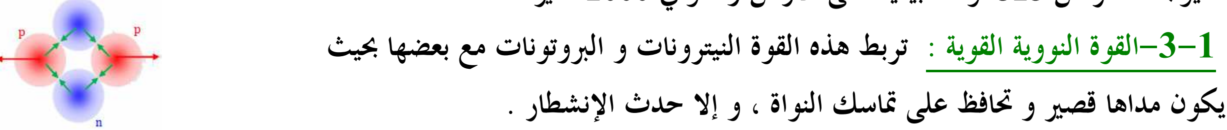
** $N = A - Z$: عدد النيترونات .

** النظائر هي أنوية لها نفس عدد البروتونات (العدد الشحني) ، و تختلف في عدد النيترونات ، بحيث : $^{A=Z+N}_{Z}X$ ، $^{A'=Z+N'}_{Z}X$

مثال : – عنصر الفحم : $^{12}_{6}C$ ، $^{14}_{6}C$. – الهيدروجين : $^{1}_{1}H$ (الهيدروجين العادي)، $^{2}_{1}H$ (الديتريوم) ، $^{3}_{1}H$ (التريتيوم).

** يوجد أكثر من **325** نواة طبيعية على الأرض و حوالي **2000** نظير .

3-1-القوة النووية القوية : تربط هذه القوة النيترونات و البروتونات مع بعضها بحيث يكون مداها قصير و تحافظ على تماسك النواة ، و إلا حدث الإنشطار .



2-النشاط الإشعاعي :

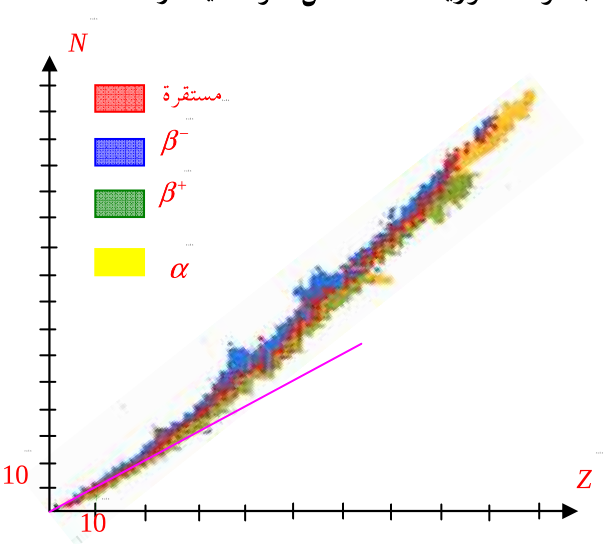
1-2-الإستقرار النووي : تماسك النواة يعود إلى تأثيرات متبادلة قوية ، إلا أن بعض نظائر العنصر مستقرة و نظائر أخرى غير مستقرة فتحاول الرجوع إلى استقرارها الطبيعي بالإشعاع و هذا بتحولات نووية تحدث داخل النواة بحيث وجدنا :

** من أجل $Z\langle 20$: تحقق جميع النوى العلاقة $Z=N$

و هي نوى مستقرة مثل : $^{4}_{2}He$ ، $^{12}_{6}C$.

** من أجل $Z\rangle 20$: الأنوية تقع أعلى المستقيم $Z=N$ في المنحنى $N = f\ (Z)$ بحيث يكون $N\rangle Z$ أي نوى ثقيلة لتصبح غير مستقرة ومثارة فتتحول تلقائيا باعثة اشعاعات من نوع : α, β^-, β^+ وأحيانا γ .

مثال : $^{56}_{26}Fe$ ، $^{108}_{47}Ag$ ، $^{235}_{92}U$ ، $^{241}_{95}Am$.



2-2-الإستقرار النووي : الإشعاعات الثلاثة مؤينة ، وهذا يعني أنها عندما تخترق مادة تحدث تصادمات مما يفرق الإلكترونات عن الذرات فتصبح شوارد ، فهي خطيرة عندما تُخضِع الجسيمات البيولوجية الهامة للتأين مثل الـ ADN ، مما يؤدي إلى تحول بنيتها ، و يمكن استعمال غرفة التأين و أنبوب (جيجر-مولر) لعد الإشعاعات المؤينة (وثيقة 22 ص 45) .

2-3-أنواع التفكك :

أ- النشاط الإشعاعي α : النوى الباعثة للأشعة α ثقيلة و تمتاز بسرعات ضعيفة مقارنة بسرعة الضوء ، و قليلة النفاذية في المواد لكنها شديدة التأين :

** جسيمات α هي نواة الهيليوم $_2^4He$ ، فتكون المعادلة النووية لهذا النوع : $_Z^AX \longrightarrow _{Z-2}^{A-4}Y + _2^4He$ + طاقة

** **أمثلة :** $*\ _{84}^{210}Po \longrightarrow _{82}^{206}Pb + _2^4He$ $\quad *\ _{88}^{226}Ra \longrightarrow _{86}^{222}Rn + _2^4He$

$*\ _{92}^{238}U \longrightarrow _{90}^{234}Th + _2^4He$

ب- النشاط الإشعاعي β^- : رمزه $_{-1}^0e$ هو عبارة عن الكترون ينتج عن تحول نترون إلى بروتون في نواة العنصر X بحيث المعادلة العامة لهذا التحول هي : $_Z^AX \longrightarrow _{Z+1}^AY + _{-1}^0e + _0^0\overline{\nu}$.

** **أمثلة :** $*\ _{15}^{32}P \longrightarrow _{16}^{32}S + _{-1}^0e$ $\quad *\ _6^{14}C \longrightarrow _7^{14}N + _{-1}^0e$

$*\ _{83}^{210}RaE \longrightarrow _{84}^{210}Po + _{-1}^0e$

جـ- النشاط الإشعاعي β^+ : رمزه $_{+1}^0e$ هو بوزيتون (إلكترون مضاد) ينتج عن تحول بروتون إلى نترون في نواة العنصر X بحيث المعادلة العامة لهذا التحول هي : $_Z^AX \longrightarrow _{Z-1}^AY + _{+1}^0e + _0^0\nu$

** **أمثلة:** $*\ _{15}^{30}P \longrightarrow _{14}^{30}Si + _{+1}^0e$ $\quad *\ _{10}^{19}Ne \longrightarrow _9^{19}F + _{+1}^0e$

$*\ _7^{13}N \longrightarrow _6^{13}C + _{+1}^0e$

د- النشاط الإشعاعي γ : يرافق التحولات السابقة بحيث تكون النواة البنت $_{Z'}^{A'}Y^*$ في حالة مثارة فتعود إلى حالتها الأساسية (المستقرة) بعد اصطدامها للإشعاع γ بحيث تكون في حالة أقل طاقة ، و معادلته العامة : $_{Z'}^{A'}Y^* \longrightarrow _{Z'}^{A'}Y + \gamma$.

مثال : $(1)*\ _{27}^{60}CO \longrightarrow _{27}^{60}Ni^* + _{-1}^0e \Rightarrow (2)*\ _{28}^{60}Ni^* \longrightarrow _{28}^{60}Ni + \gamma$

3- التناقص الإشعاعي:

3-1- ثابت التفكك : النواة الغير مستقرة يمكنها أن تتحول في أية لحظة إلى نواة مستقرة بالإشعاع ، و من أجل ذلك نرفق كل نواة مشعة بعدد خاص يدعى : ثابت التفكك (λ) ، يعبر عن احتمال تحول النواة في الثانية الواحدة .

** إذا كان N هو عدد النوى المتحولة في المجال الزمني Δt فإن التغير في عدد النوى خلال هذا المجال هو :

$\Delta N = -\lambda \cdot \Delta t \cdot N \Leftarrow \frac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda \cdot N$. و هي السرعة الوسطية (النشاطية المتوسطة)، بحيث $\overline{A} = \frac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda \cdot N$.

وحدها هي : البيكرال (Bq).

** لما $\Delta t \to 0$ فإننا نحصل على المشتق الذي يعبر عن نشاطية العينة في كل لحظة $A(t) = \frac{dN}{dt} = -\lambda \cdot N$ ، وهي معادلة تفاضلية

من الدرجة الأولى حلها من الشكل : $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ وهو قانون التناقص الإشعاعي بحيث :

– N_0 : العدد الإبتدائي للنوى في العينة . $N(t)$ – : العدد المتبقي في اللحظة t .

** ومنه تصبح نشاطية العينة في اللحظة t كمايلي :

$A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$. بحيث : $\begin{cases} A_0 = \lambda \cdot N_0 \\ A(t) = \lambda \cdot N(t) \end{cases}$

3–2–ثابت الزمن و نصف العمر :

أ– ثابت الزمن τ : يعرف بالعلاقة التالية $\tau = \frac{1}{\lambda}$ ،

فيكون قانون التناقص الإشعاعي : $N(t) = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

** لما $t = \tau$: $\Leftarrow N(\tau) = N_0 e^{-\frac{\tau}{\tau}} \Leftarrow N(\tau) = \frac{N_0}{e}$

$\Leftarrow N(\tau) = 0{,}37 N_0$ و هو ما يمثل نسبة تفكك $63\ \%$ من العدد N_0

ب– زمن نصف العمر $t_{1/2}$: و هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد الأنوية الإبتدائية

أي : $t = t_{1/2} \Leftarrow N = \frac{N_0}{2}$ ومن علاقة التناقص نجد : $N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\frac{t_{1/2}}{\tau}}$

و منه : $\ln \frac{1}{2} = -\frac{t_{1/2}}{\tau} \Leftarrow$ $\boxed{t_{1/2} = \tau \ln 2}$ و $\boxed{t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}}$.

** الجداء $\lambda \cdot t$: لا بعد له أي أن $\left([\lambda] = \frac{1}{[t]} = s^{-1}\right)$ ، و بالتالي فإن وحدة λ هي s^{-1} .

** تمرين تدريبي : اليود ^{131}I عنصر كيميائي مشع زمن نصف حياته $t_{1/2} = 8{,}1\ j$ ، فإذا كانت نشاطية عينة من اليود في اللحظة $t = o$ هي : $A = 2{,}2 \times 10^5\ Bq$ أوجد :

1– ثابت الزمن : τ لعنصر اليود ، ثابت التحول λ 2– عدد الذرات المشعة في اللحظة $t = o$ ثم بعد عام .

** الحل :

1– ثابت الزمن τ : من العلاقة $t_{1/2} = \tau \ln 2 \Leftarrow \tau = \frac{t_{1/2}}{\ln 2}$ و منه : $\tau = \frac{8{,}1 \times 24 \times 3600}{0{,}693} \Leftarrow$ $\boxed{\tau \simeq 10^6 s}$.

– ثابت التحول λ : من العلاقة : $\lambda = \frac{1}{\tau}$ ومنه : $\boxed{\lambda = 10^{-6} s^{-1}}$

2– عدد الذرات ** لما $t = 0 \Leftarrow N_0 = 2{,}2 \times 10^{11} atomes$ ** لما $t = 1\ an \Leftarrow N(1\ an) = 4{,}4 \times 10^{-3} atomes \prec 1$

3–3– إستعمالات النشاط الإشعاعي في مجال التأريخ :

** بالإعتماد على قياس زمن نصف العمر لمادة مشعة يمكننا من إجراء قياسات نحدد فيها عمر الكائنات المندثرة مثل الصخور و عمر الأرض التقريبي باستعمال الكربون 14 $^{14}_{6}C$ مثلا .

** يتواجد الكربون في كل المركبات العضوية زمن نصف عمره $t_{1/2} = 5730\ ans$ ، فعندما تستعمل الكائنات الحية غاز CO_2 الموجود في الجو ، فإنها تمتص نسبة معينة و ثابتة من النظيرين : $^{12}_{6}C$ ، $^{14}_{6}C$ ، وعند موتها تتناقص نسبة $^{14}_{6}C$ في أجسامها .

** فإذا كانت نشاطية $^{14}_{6}C$ في الكائن الحي لحظة موته A_0 و علمنا نشاطيته الإشعاعية في لحظة ما $A(t)$ فإنه يكون :

$A(t) = A_0 e^{-\lambda t} \Leftarrow \frac{A(t)}{A_0} = e^{-\lambda t} \Leftarrow t = \lambda \ln \frac{A_0}{A(t)}$ أي $t = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \ln\left(\frac{A_0}{A(t)}\right)$

تطبيق عددي : $t = 8,22\times10^3 \ln\left(\frac{A_0}{A(t)}\right)$

** و عند تعيين عمر الصخور مثلا (أكثر من 40000 سنة) ، نستخدم نصف عمر أطول مثل اليورانيوم $(t_{1/2} = 4,468\times10^9 ans)$،
أو الربيديوم 87 $(t_{1/2} = 9,48\times10^9 ans)$ ، و هذا سمح بتقديرعمر الأرض بحوالي 4,55 مليار سنة .

** تمرين تدريبي : عندما يصطدم نترون مع نواة الأزوت $^{14}_{7}N$ تنتج نواة $^{14}_{6}C$ نظير $^{12}_{6}C$.

1– أكتب المعادلة الإجمالية لهذا التفاعل .

2– تمتص النباتات غاز $(^{14}_{6}C)CO_2$ ، بنسبة معينة و عند موتها تتوقف عن عملية الإمتصاص بحيث نصف عمر إشعاع هذا النظير هي : $t_{1/2} = 5590\ ans$.

* نعتبر عينة من الخشب القديم تعطي 197 تحويل الدقيقة ، في حين أن عينة أخرى من الخشب الحديث لها نفس الكتلة تعطي 1350 تحويل/الدقيقة . – ما هو عندئذ عمر الخشب القديم .

** الحل :

1– معادلة تحول الأزوت : $^{14}_{7}N + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{14}_{6}C + ^{1}_{1}H$

2– معادلة تحول النظير $^{14}_{6}C$: $^{14}_{6}C \longrightarrow ^{14}_{7}N + ^{0}_{-1}e + ^{0}_{0}\overline{\nu}$

3- تحديد عمر الخشب القديم :

نفرض أن N_0 عدد ذرات الكربون في العينة الحديثة و N عدد ذرات الكربون في العينة القديمة :

لدينا : $\frac{N}{N_0} = e^{-\frac{t}{\tau}} \Leftarrow N = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$ و منه $\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\frac{t}{\tau} \Leftarrow \ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\frac{t\ln2}{t_{1/2}} \Leftarrow t = \frac{t_{1/2}}{\ln2}\ln\left(\frac{N_0}{N}\right)$

نجد أن : $t = \frac{5590}{0,69}\ln\left(\frac{1350}{197}\right)$ ومنه $\boxed{t = 1,56\times10^4 ans}$.

4–التفاعلات النووية:

4–1–مبدأ انحفاظ (الكتلة–الطاقة)– علاقة انشتاين:

** في جملة مادية معزولة فيزيائيا تبقى (الكتلة–الطاقة) محفوظة مهما طرأ عليها من تحولات ، فظهور طاقة معينة يرافقه نقصان في الكتلة بحيث : $\boxed{\Delta E = \Delta m \cdot c^2}$.

** يمكن للكتلة أن تتحول إلى طاقة و العكس صحيح،فكل جسم مادي كتلته m يملك في حالة السكون طاقة E_0 بحيث: $\boxed{E_0 = m\cdot c^2}$

4–2–وحدات الطاقة و الكتلة :

** وحدة الكتل الذرية هي : µ بحيث : $1\ \mu = 1,66055\times10^{-27} kg$.

** وحدات الطاقة هي : الجول (J) ، الإلكترون فولط (ev) ، الميقاالكترون فولط (Mev) ، بحيث :

$*\ 1\ Mev = 1,6\times10^{-13} J \qquad *\ 1\ ev = 1,6\times10^{-19} J$

** من العلاقة : $E_0 = m\cdot c^2$ نجد أن $\boxed{1\ \mu = 931,5\ Mev}$

** تمرين تدريبي : تعطى الدقائق المشكلة للذرة : $m_N = 1,00866\ \mu$ ، $m_p = 1,00728\ \mu$ ، $m_e = 5,4858\times10^{-4}\ \mu$

أوجد الطاقة الكتلية لهذه الجسيمات بوحدة (Mev) .

** الحل : لدينا : $1\ \mu = 931,5\ Mev$ فنحصل على $E_{oN} = 1,00866\times931,5 = 939,6\ Mev$ ،

$E_{oe} = 5,4858\times10^{-4}\times931,5 = 0,511\ Mev$ ، $E_{op} = 1,00728\times931,5 = 938,3\ Mev$.

3-4-وحدات الطاقة و الكتلة :

أ- النقص في كتلة النواة : من أجل نواة عنصر $_{Z}^{A}X$ كتلتها m_X عمليا وجدنا أن كتلة النواة أصغر من مجموع كتل نكليوناتها ، وهذا الفرق في الكتلة يدعى الفرق الكتلي Δm بحيث :

$$\Delta m = Zm_p + (A-Z)m_n - m_X$$

** مثال : في نواة الهيليوم $_{2}^{4}He$: $m_p = 1,00728\ \mu$ ، $m_N = 1,00866\ \mu$ ، $m_{He} = 4,0015\ \mu$

ومنه النقص في الكتلة : $A=4\ ,Z=2$ ، $\Delta m = Zm_p + (A-Z)m_n - m_{He}$

بالتعويض نجد : $\Delta m_{He} = 0,03038\ \mu$

بالحساب نجد أن : $\frac{\Delta m_{He}}{m_{He}} \times 100 = 0,8\ \%$ و هي نسبة الكتلة الناقصة .

ب- طاقة الربط النووي E_L : هي الطاقة اللازم توفيرها للنواة في حالة السكون لتفككها إلى نكليونات : $E_l = \Delta m \times c^2$

أي $E_l = \left[Zm_p + (A-Z)m_n - m_X\right]\cdot c^2$ ومنه : $E_l = \left[Zm_p + (A-Z)m_n\right]\cdot c^2 - m_X c^2$

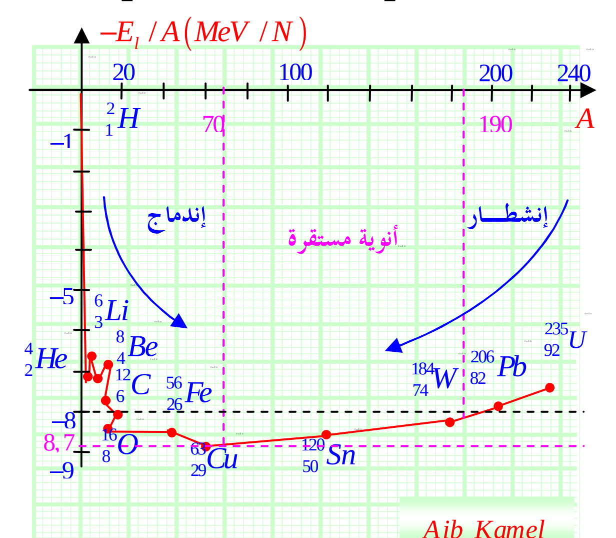
** طاقة الإرتباط النووي المتوسطة تعرف كمايلي : $\frac{E_l}{A}$

بحيث كلما كانت كبيرة كانت النواة أكثر استقرارا .

جـ- منحنى ASTON :

و هو يمثل المنحنى : $-\frac{E_l}{A} = f(A)$ حيث تظهر فيه النوى المستقرة في النقاط المقعرة .

** يمكننا المنحنى من ايجاد قيمة طاقة الربط النووي الموافقة للنكليون الواحد مباشرة .



5-تفاعلات الإنشطار و الإندماج النوويين:

5-1- تفاعلات الإنشطار:

أ- مبدأ تفاعل الإنشطار : يعتمد هذا المبدأ على الإنقسام التسلسلي لنواة اليورانيوم $_{92}^{235}U$ الثقيلة الناتج عن قذف نواته بنيترون فيتشكل النظير الغير مستقر $_{92}^{235}U^*$ فتنشطر مرة أخرى معطية نواتي عنصرين أخرين و ينبعث نيترونان أو ثلاثة بسرعة كبيرة جدا تكون كافية لانشطار نوى أخرى من $_{92}^{235}U$ بحيث :

$$_{0}^{1}n + _{92}^{235}U \longrightarrow _{92}^{236}U^* \longrightarrow N_1 + N_2 + neutrons\ + \gamma$$

** مثال : $_{0}^{1}n + _{92}^{235}U \longrightarrow _{56}^{141}Ba + _{36}^{92}Kr + 3\,_{0}^{1}n$

ب- الحصيلة الطاقوية : لنقوم بحساب طاقة تفاعل الإنشطار لنواة اليورانيوم : $_{0}^{1}n + _{92}^{235}U \longrightarrow _{38}^{94}Sr + _{54}^{135}Xe + 3\,_{0}^{1}n\ + \gamma$

** الطاقة الإبتدائية : $E_i = m\left(_{92}^{235}U\right)\cdot c^2 + m\left(_{0}^{1}n\right)\cdot c^2 = m_i \cdot c^2$

** الطاقة بعد التفاعل : $E_f = m\left(_{38}^{94}Sr\right)\cdot c^2 + m\left(_{54}^{135}Xe\right)\cdot c^2 + 3m\left(_{0}^{1}n\right)c^2 + E_C(n) + E_\gamma = m_f c^2 + E_C(n) + E_\gamma$

$E_C(n)$: الطاقة الحركية للنيترونات المنبعثة ، E_γ : طاقة الإشعاع الناتج .

حسب مبدأ انحفاظ الطاقة فإن : $E_i = E_f$ $\Leftarrow$ $m_i c^2 = m_f c^2 + E_C(n) + E_\gamma$

ومنه : $(m_i - m_f)\cdot c^2 = E_C(n) + E_\gamma = Q$ فالطاقة المتحررة Q هي $Q = \Delta m \cdot c^2$

5-1- تفاعلات الإندماج :

أ- مبدأ تفاعل الإندماج : هو تفاعل نووي يحدث عندما تتحد نواتان خفيفتان أثناء التصادم لتشكل نواة ثقيلة و يتطلب ذلك درجة حرارة عالية و سرعة فائقة

ب- الحصيلة الطاقوية : لنعتبر تفاعل الإندماج النووي التالي : $^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$

تكون الطاقة المتحررة : $E = E_i - E_f = \left[m\left(^{2}_{1}H\right) + m\left(^{3}_{1}H\right)\right]\cdot c^2 - \left[m\left(^{4}_{2}He\right) + m\left(^{1}_{0}n\right)\right]\cdot c^2$

$\Leftarrow E = [3,0155 + 2,0136] - [4,0015 + 1,0087] \times 931,5$ و منه $E = 17,6\ Mev$

** تمرين تدريبي : في التحول النووي المعطى بالمعادلة التالية : $^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$

- أحسب الطاقة المتحررة من تحول 1 g من التريتيوم $^{3}_{1}H$. قارن هذه الطاقة مع الطاقة الناشئة عن احتراق البترول و التي تكون بمعدل 41,85 Gj .

** الحل : رأينا الطاقة المتحررة هي : $E = 17,6\ Mev$ و لدينا $m\left(^{3}_{1}H\right) = 3,015\ \mu$

$\Leftarrow m\left(^{3}_{1}H\right) = 3,015 \times 1,66 \times 10^{-27}\,kg = 5 \times 10^{-27}\,kg$ ولدينا

$5 \times 10^{-27}\,kg \longrightarrow 17,6\ Mev$

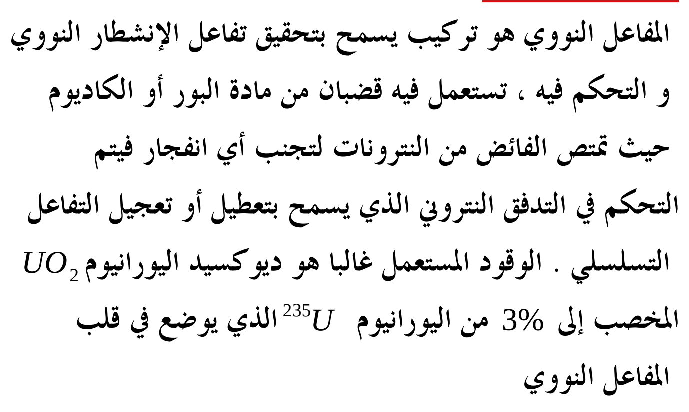
$10^{-3}\,kg \longrightarrow Q'$

و منه : $Q' = 563\ Gj$

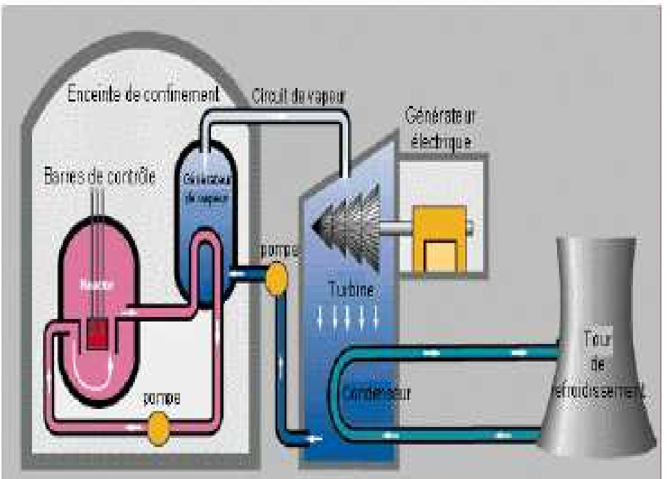
6- العلم بين منافع ومخاطر النشاط النووي :

** نشاطات توثيقية يقدمها التلاميذ تتناول فوائد توظيف المواد المشعة في حياة الإنسان (الطب ، إنتاج الطاقة الكهربائية بالإندماج ..) وأثارها المضرة بالإنسان و البيئة .

مبدأ المفاعل النووي :



المفاعل النووي هو تركيب يسمح بتحقيق تفاعل الإنشطار النووي و التحكم فيه ، تستعمل فيه قضبان من مادة البور أو الكاديوم حيث تمتص الفائض من النترونات لتجنب أي انفجار فيتم التحكم في التدفق النتروني الذي يسمح بتعطيل أو تعجيل التفاعل التسلسلي . الوقود المستعمل غالبا هو ديوكسيد اليورانيوم UO_2 المخصب إلى 3% من اليورانيوم ^{235}U الذي يوضع في قلب المفاعل النووي





** في المفاعل البخاري تحت الضغط (PWR) كما في الشكل،

بحيث يستعمل الماء كسائل حامل للحرارة $(\ fluide\ \ caloporteur\ )$

حيث يضبط درجة الحرارة و يحد من سرعة النترونات ، و هو يجري في دارتين :

- دارة أولية يكون فيها الماء سائلا في درجة حرارة تقارب 345^0C و تحت ضغط كبير حوالي $155\ Bars$ يحول إلى بخار .
- ماء الدارة الثانية عند درجة حرارة 271^0C و تحت ضغط $56\ Bars$ ، يؤدي ذلك إلى تدوير عنفة المنوب (التوربين).

7- التمارين :

1-التمرين الأول :

نعطي في الشكل المجاور منحنى التناقص الاشعاعي بآلاف السنين لعينة من الثوريوم 230 .

$N\left(2.10^{-2} mol\right)$ Aib Kamel

1.0 — 0.7 — 0.5 — 0.3 — 0.1

50 — 100 — 150 — 200 — 250 — $t\left(10^{3}\right) ans$

1- عرف نصف العمر لمادة مشعة، وحدد قيمته بالنسبة للنظير ^{230}Th .

2- إن نواة الثوريوم 230 تتحول بالتفكك الاشعاعي α إلى الراديوم $_{88}Ra$ ، أكتب معادلة التفاعل النووي الموافق محددا قيم الأعداد الكتلية والأعداد الشحنية للانوية المعبر عنها في التفاعل، واعط نصوص القوانين الفيزيائية المطبقة في ذلك.

3- اكتب العبارة الرياضية لقانون التناقص الاشعاعي ، ثم أوجد قيمة الثابت الاشعاعي λ الثوريوم 230 .



4- هل يتأثر نصف عمر المادة المشعة عبر الزمن أم بتغير كمية العينة الابتدائية المشعة أم بتغير درجة الحرارة أم الضغط؟

5- إن الثوريوم 230 ينتمي إلى عائلة لليورانيوم 238 وهو ينتج وفق سلسلة التفككات الاشعاعية المتوالية الاتية:

$$^{238}_{92}U \to {}^{234}_{90}Th \to {}^{234}_{91}Pa \to {}^{234}_{Z4}U \to {}^{230}_{Z5}Th$$

أ - أوجد العددين : Z_4 , Z_5 .   ب- اذكر أنواع النشاط الاشعاعي في التحولات الأربعة السابقة.

6- يستخدم التوريوم 230 في تأريخ المتحجرات المرجانية بطريقة تعتمد على النسبة $\frac{N(^{230}Th)}{N(^{238}U)}$ التي تزداد خلال الزمن منذ بداية تشكل الكائنات المرجانية الحية، حيث يكون وجود الثوريوم 230 فيها معدوماحتى تبلغ هذه النسبة ما يسمى التوازن القرني حيث يكون عندها لكميتي ^{238}U و ^{230}Th النشاط الاشعاعي $A\left(t\right)$ نفسه .

أ - يعرف النشاط الاشعاعي $A\left(t\right)$ لمجموعة من النوية المتماثلة بــ $A(t)=-\frac{dN(t)}{dt}$ ، برهن أن : $A\left(t\right)=\lambda N\left(t\right)$.

ب - استنتج أن النسبة $\frac{N(^{230}Th)}{N(^{238}U)}$ تصبح ثابتة عند بلوغ التوازن القرني .

** حل التمرين الأول :

1- نصف العمر هو المدة الزمنية اللازم لتفكك نصف كمية المادة المشعة من البيان $t_{1/2}=75.10^{3}an$

2- معادلة التفاعل : $^{230}_{Z}Th \to {}^{A}_{88}Ra + {}^{4}_{2}He$

بتطبيق انحفاظ مجموع الأعداد الكتلية $A=230-4=226$ ، بتطبيق انحفاظ مجموع الأعداد الشحنية: $Z=88+2=90$

3- العبارة هي : $N\left(t\right)=N_0e^{-\lambda t}$

** عند $t=t_{1/2}$ تكون $N=10^{-2}mol$ ومنه $\lambda=\frac{\ln 2}{t/2}$ ⟵ $\lambda=9.2X\,10^{-6}ans^{-1}$

4- لا علاقة لنصف العمر بالعوامل المذكورة في السؤال .

5- أ- إيجاد العددين Z_4 , Z_5 : ** $Z_4=92$: لأنه يتعلق بنظير اليورانيوم ** $Z_4=90$: لأنه يتعلق بنظير الثوريوم .

ب - نوع النشاط :

** التحول (1) ⟵ α ؛ ** التحول (2) ⟵ β^- ** التحول (3) ⟵ β^- ** التحول (4) α ⟵ .

6- أ- البرهان على العلاقة : $\frac{dn_0e^{-\lambda.t}}{dt}=-\frac{dN\left(t\right)}{dt}=-A\left(t\right)$ ⟵ $A\left(t\right)=\lambda.N\left(t\right)$

ب– استنتاج أن $\frac{N(^{230}Th)}{N(^{238}U)} = cte$:

لدينا $A(^{230}Th) = A(^{238}U)$ و منه $\lambda(^{230}Th).N(^{230}Th) = \lambda(^{238}U).N(^{238}U)$

فنجد $\frac{N(^{230}Th)}{N(^{238}U)} = \frac{\lambda(^{238}U)}{\lambda(^{230}Th)} = cte$

2–التمرين الثاني :

1– يوجد في مخبر عند لحظة $t = 0$ عينة من الآزوت 13 المشع النقي كتلتها $1,49\mu g$ و الذي نصف حياته $10\,min$. أوجد :

أ– عدد أنوية الآزوت الموجودة عند اللحظة $t = 0$. $N_A = 6,02\times10^{23}$.

ب– النشاط الإبتدائي عند اللحظة $t = 0$.

جـــ– النشاط بعد ساعة .

د– الزمن اللازم لكي ينقص النشاط إلى واحد بكريل $A = 1Bq$.

2– تحتوي صخور القمر على البوتاسيوم $^{40}_{19}K$ المشع و الذي يتحول إلى الأرغون $^{40}_{18}Ar$.

أ– أكتب معادلة التحول النووي الحادث .

ب– ما نوع التفكك الحادث ، أذكر بعض خائص الجسم المنبعث .

جـــ– من أجل تعين تاريخ تشكيل صخور من القمر التي أتى بها رواد الفضاء أعطى التحليل لعينة منها حجمها $8,1\times10^{-3}cm^3$ من غاز الأرغون في شروط النظامية و $1,67\times10^{-6}g$ من البوتا سيوم .

* أحسب عدد أنوية غاز الأرغون الناتجة عن تحليل العينة و كذا عدد أنوية $^{40}_{19}K$ ، ثم إستنتج عدد أنوية $^{40}_{19}K$ الإبتدائية

عنداللحظة $t = 0$ بإعتبار أن العينة المأخوذة تتكون فقط من الأرغون Ar و البوتاسيوم K .

* أوجد عمر الصخر . علما أن : حيث : $t_{1/2} = 1,3\times10^9 ans$.

** حل التمرين الثاني :

1– أ– عدد انوية الآزوت : $N_0 = \frac{m_0 \times N_A}{M} \longrightarrow N_0 = 6,9\times10^{16}\,noyaux$

1–ب– حساب (A_0) : تحويل الزمن لـــ (s) ضروري $A_0 = \lambda_1.N_0 = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}.N_0 \longrightarrow A_0 = 7,9\times10^{13}Bq$

1–جـــ– حساب النشاط بعد ساعة : $A = A_0 e^{-\lambda_1 t} = 7,9\times10^{12}e^{-1,15\times10^{-3}\times3600} \longrightarrow A \approx 1,26\times10^{12}Bq$

1–د– حساب زمن نقصان النشاط إلى $(1Bq)$: $A = A_0 e^{-\lambda_1 t} \Rightarrow t = -\frac{1}{\lambda_1}\ln\frac{A}{A_0} \longrightarrow A = 27830s \approx 7.7h$

2–أ– معادلة التحول : $^{40}_{19}K \rightarrow ^{40}_{18}Ar + ^{0}_{+1}e(\beta^+)$

2–ب– الإشعاع الحادث هو : (β^+).

هو إلكترون شحنته موجبة ينتج بتحول بروتون إلى نيترون ويحرر الكترون موجب (بوزيترون) $^{1}_{1}p \rightarrow ^{1}_{0}N + ^{0}_{+1}e$

2–جـــ– ** حساب عدد انوية البوتاسيوم : $N_1 = \frac{m.N_A}{M} \longrightarrow N_1 \approx 2.51\times10^{16}\,noyaux$

** حساب عدد انوية الارغون : $N_2 = \frac{V_g}{V_M} \times N_A \longleftarrow N_2 = 2.18\times10^{17}\, noyaux$

** حساب عدد الانوية الابتدائية للبوتاسيوم : $N_0 = N_1 + N_2 \approx 2.43\times10^{17}\, noyaux$

** حساب عمر الصخرة : $\lambda_2 = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = 5.3\times10^{-10}\, ans^{-1}$ ، $N = N_0 e^{-\lambda_2 t}$

$$\left.\begin{matrix} N_0 = 2.43\times10^{17}\, noyaux \\ N(t) = 2.51\times10^{16}\, noyaux \end{matrix}\right\} \Rightarrow t = -\frac{1}{\lambda_2}\ln\frac{N}{N_0} \longrightarrow t = 4.27\times10^{9}\, ans$$

3–التمرين الثالث :

أرادت مجموعتين من التلاميذ دراسة مدة اشتعال غواصة نووية يستهلك مفاعلها استطاعة قيمتها $25MW$ و ذلك بفضل تحويله لكتلة $m = 897\,g$ من اليورانيوم 235 حيث يحدث فيه التفاعل النـــــــــــووي المنمذج بالمعادلة التالية :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{95}_{40}Zr + ^{138}_{52}Te + 3\,^{1}_{0}n + \gamma \quad ....(1)$$

حيث $t(jours)$ هي مدة اشتغال هذه الغواصة ، نلخص نتائج كل مجموعة في الجدول التالي :

	المجموعة الأولى	المجموعة الثانية
الطاقة المحررة $\Delta E_{totale}(Mev)$	$10.6150x10^{25}$	$40.5171x10^{25}$
مدة التشغيل $t(jours)$	2	30

1 – إن نظير الزركونيوم $^{95}_{40}Zr$ مشع للإشعاع β^- .

أ / ماذا يمثل العددان 95 و 40 ؟ .

ب / ما معنى كلمة مشع ؟ .

جـ / أكتب معادلة تفكك هذه النواة .

2 – إحدى المجموعتين وصلت إلى نتائج صحيحة ، لمعرفة من هي هذه المجموعة عليك بالإجابة على الأسئلة التالية :

أ / ما هو نوع التفاعل (1) ؟ .

ب / أحسب الطاقة المحررة بـ Mev إثر تحول نواة من اليورانيوم .

جـ / أحسب الطاقة المحررة الكلية ΔE_{totale} بـ Mev .

د / على أي شكل تظهر هذه الطاقة ؟ .

هـ / أحسب المدة الزمنية لاشتغال الغواصة t .

و / استنتج من المجموعة التي وصلت إلى النتائج الصحيحة ؟ .

المعطيات :

$$M\,^{235}_{92}(U) = 234.99333u, M\left(^{95}_{40}Zr\right) = 94.88604u, M\left(^{138}_{52}Te\right) = 137.90067u, M\left(^{95}_{41}Nd\right) = 94.88429u$$

$$M\left(^{1}_{0}n\right) = 1.00866u, 1Mev = 1.6x10^{-13}\, Jouls$$

** حل التمرين الثالث :

1 – أ) العدد 95 يمثل العدد الكتلي و العدد 40 يمثل العدد الذري أو الشحني .

ب) كلمة مشع تعني أن أنوية هذا العنصر قابلة للتفكك مصدرة إشعاعات فهي غير مستقرة .

جـ) معادلة التفكك : $^{95}_{40}Zr \rightarrow ^{95}_{41}Nd + ^{0}_{-1}e \quad ....(\beta^-)$

2 – أ) نوع هذا التفاعل : تفاعل انشطار .

ب) الطاقة المحررة إثر تحول نواة من اليورانيوم : لدينا علاقة الطاقة

$$E_{lib} = (m_i - m_f)xC^2 = (234.99333 - 94.88604 - 137.90067 - 2x1.00866)x931.5$$

$$\Rightarrow E = 0.1893x931.5 \Rightarrow E = 176.33295Mev$$

جـ) حساب الطاقة المحررة الكلية لـ ($897g$ من اليورانيوم) :

يجب أولا معرفة عدد الأنوية في العينة : $N = \frac{m.N_A}{M} = \frac{897x6.02x10^{23}}{235} \longrightarrow N = 2.3x10^{24}$ نواة

لدينا : $E_T = E_{lib} \times N \Rightarrow E_T = 176.33295x2.30x10^{24}Mev \longrightarrow E_T = 4.0151x10^{26}$

د) تظهر هذه الطاقة على شكل طاقة حرارية .

هـ) المدة الزمنية لاشتغال الغواصة : لدينا من علاقة الاستطاعة : $P = \frac{E_T}{\Delta t}$ و منه نجد :

$$\Delta t = \frac{E_T}{P} = \frac{4.051x10^{26}x1.6x10^{-13}}{25x10^6} = 2.59x10^6S \longrightarrow \Delta t \approx 30\,jours$$

و) نستنتج أن المجموعة الثانية هي التي وصلت إلى النتائج الصحيحة .

4-التمرين الرابع :

إن الأغذية التي نتناولها تحمل لنا البوتاسيوم المشع $^{40}_{19}K$ (إشعاع β^-) الذي يعتبر المصدر الأساسي للنشاط الإشعاعي لجسم الإنسان ، ثابت العنصر $\lambda = 1.7x10^{-17}S^{-1}$. تعطى $M_{(K)} = 39.1g/mol$.النشاط الإشعاعي لهذا :

1 – ماذا يعني عنصر مشع ؟ .

2 – أكتب معادل تفكك البوتاسيوم علما أنه يتشكل عنصر الكالسيوم $^{40}_{Z}Ca$ محددا العدد Z .

3 – إذا علمت أن علبة شوكولاطة تحتوي $44\mu g$ بوتاسيوم ، أحسب عدد ذرات $^{40}_{19}K$ التي تحتويها $44\mu g$ من البوتاسيوم .

يعطى عدد أفوقادرو : $N_A = 6.023x10^{23}$.

4 – عين نشاطها الإشعاعي مقدرا بالبيكريل (Bq) . و ما هو العدد المتوسط لدقائق β^- المنبعثة من علبة الشوكولاطة مدة ساعة من الزمن ؟ بفرض أن النشاط يبقى ثابتا خلال ساعة باعتبار أن فترة نصف العمر لهذا العنصر المشع أكبر بكثير من ساعة .

5 – إن تعرض شخص وزنه $70Kg$ لأكثر من 10^{15} دقائق β^- مدة ساعة يمكن أن يعرضه لمخاطر باتولوجية أكيدة .

هل استهلاك علبة شوكولاطة يمكن أن يسبب مثل هذه المخاطر من وجهة نظر النشاط الإشعاعي طبعا ؟ .

** حل التمرين الرابع :

1 – كلمة مشع تعني أن أنوية هذا العنصر قابلة للتفكك مصدرة إشعاعات فهي غير مستقرة .

2– معادلة التفكك : $^{40}_{19}K \rightarrow ^{40}_{Z}Ca + ^{0}_{-1}e(\beta^-)$ لدينا : $19 = Z - 1 \Rightarrow Z = 20$

و منه معادلة التفكك تصبح : (β^-) .... $^{40}_{19}K \rightarrow ^{40}_{20}Ca + ^{0}_{-1}e$

3 – حساب عدد ذرات $^{40}_{19}K$: لدينا : $N = \frac{m}{M}xN_A \Rightarrow N = \frac{44x10^{-6}}{39.1}x6.023x10^{23}$

و منه : $N = 6.77x10^{17}$ (نواة)

4 – * حساب النشاط الإشعاعي : لدينا : $A = \lambda xN \Rightarrow A = 1.7x10^{-17}x6.77x10^{17}$ ومنه نجد : $A = 11.51Bq$

** العدد المتوسط لدقائق β^- المنبعثة من علبة الشوكولاطة خلال ساعة :

$$N(\beta^-) = 11.51x3600 \Rightarrow \quad N(\beta^-) = 41436\ (\beta^-\ \text{دقيقة})$$

5 – نلاحظ أن النشاط الإشعاعي لعلبة شوكولاطة مهمل تماما لأن (10^{15}) أكبر بكثير من (41436) .

و منه يمكن الاستمرار في تناول الشوكولاطة بدون خوف .